



ISSN: 2617-6548

URL: www.ijirss.com



Evaluation of Solar Radiation for the Use of Photovoltaic (PV) Panels in Afghanistan

Najibullah Hossini

Head of Energy Institute of Academy of Science of Afghanistan

(Email: h.n.hussaini786@gmail.com)

Abstract


Solar energy is an integral part of living things on Earth, man uses this huge source of energy for various purposes. The sun is very active and is a lingering source of energy for the present and potential for the future. The energy received on the surface of the earth in one year is about 10,000 times the energy consumption of the total population of the world. The use of sunlight in the form of light and heat has been common since ancient times and human beings from the effect of thought and exploration to meet their needs, using the power of reason and experience they have also achieved innovations, innovations and inventions. Using photovoltaic panels to generate solar power in the world, from 2005 to 2015, it has increased from 5.1 GW to 227 GW. The highest amount of solar energy available at noon on summer days, it is approximately equal to 1 KW/m², but in most parts of the world this figure is around 200 W/m² on average. The amount of solar radiation energy in Afghanistan, in June, when the angle of the sun shines at a latitude of 23.5° above the earth, the amount of radiant energy in the southernmost areas of Afghanistan (29.5°), at sunny noon, is equal to 43.70 MJ/m² and in December at this width the country will be equal to (19.85 MJ/m²). Afghanistan, with its adequate areas and suitable radiation norm (700W/m²), has a production capacity of 13548700 MW of electricity.

Keywords: Solar Radiation, Fusel Resource, Renewable Resource, Photo Voltaic, Latitude.

DOI: 10.53894/ijirss.v4i2.69

Funding: This study received no specific financial support.

History: Received: 8 January 2021/**Revised:** 4 March 2021/**Accepted:** 24 March 2021/**Published:** 30 March 2021

Licensed: This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License 

Acknowledgement: All authors contributed to the conception and design of the study.

Competing Interests: The authors declare that they have no conflict of interests.

Transparency: The authors confirm that the manuscript is an honest, accurate, and transparent account of the study was reported; that no vital features of the study have been omitted; and that any discrepancies from the study as planned have been explained.

Ethical: This study follows all ethical practices during writing.

ارزیابی تشعشع آفتاب جهت استفاده صفحات فوتوولتاییک در شرایط افغانستان نجیب الله حسینی

اکادمی علوم افغانستان و آمر انستیتوت انرژی، کابل، افغانستان

خلاصه

انرژی آفتاب جز * لاینفک موجودات زنده بروی کره زمین است که بشر از این منبع عظیم انرژی برای اهداف مورد نظر خود به انواع مختلف استفاده می نماید. آفتاب کره بسیار فعال بوده و منبع لایزال انرژی برای زمان حال و بالقوه برای آینده است. انرژی دریافتی در سطح زمین در مدت یکسال، حدود 10000 برابر مصرف انرژی کل جمعیت دنیا را تشکیل می دهد. استفاده از تشعشع آفتاب به صورت نوری و حرارتی از بدو تاریخ معمول بوده و انسان ها از اثر اندیشه و تجسس جهت رفع نیازمندی های شان با بکارگیری نیروی عقل و تجربه به نوآوری، ابداعات و اختراعاتی نیز دست یافته اند. کشف پدیده فوتوولتاییک نیز از این جمله می باشد. با استفاده از صفحات فوتوولتاییک توان تولیدی برق آفتابی در جهان از سال 2005 الی 2015 میلادی از 5.1GW به 227 GW ارتقا نموده است. بالاترین رقم انرژی آفتابی قابل دریافت در ظهر روزهای تابستان، تقریباً برابر 1 KW/m^2 ، اما در بیشتر نواحی کره زمین این رقم به طور متوسط در حدود 200 W/m^2 می باشد. مقدار انرژی تشعشع آفتاب در افغانستان در ماه جون که زاویه تابش آفتاب در عرض البلد 23.5° بالای سطح زمین عمود میباشد، مقدار انرژی تشعشعی در جنوبی ترین ساحات افغانستان (29.5°)، در ظهر آفتابی مساوی به 43.70 MJ/m^2 و در ماه دسمبر در این عرض البلد مساوی (19.85 MJ/m^2) خواهد بود. افغانستان با دارا بودن ساحات مکفی و نورم تشعشعی مناسب (700 W/m^2) جایگاه تولید برق را دارا می باشد.

کلمات کلیدی: منابع فوسیلی، منابع تجدید پذیر، فوتوولتاییک، تشعشع آفتاب، عرض البلد جغرافیایی

1. مقدمه

از آنجائیکه انرژی خورشیدی جز * لاینفک ای از زندگی موجودات بروی کره زمین می باشد، بشر از دیر باز سعی کرده است، از این منبع عظیم انرژی به نحوی برای اهداف مورد نظر خود استفاده نماید [2]. آفتاب کره آتشین بوده و منبع عظیم انرژی در جهان است، هسته آن به شدت گرم است، دانشمندان حرارت داخلی آنرا حدود 8×10^6 تا 40×10^6 درجه کالوین تخمین زده اند. حرارت در مرکز آفتاب 15000000°K تولید می گردد. اما حرارت در سطح آفتاب کاهش یافته و به 6000°K می رسد که توان معادل $4 \times 10^{23} \text{ KW}$ را دارا می باشد. آفتاب دارای قطر 1392000 Km بوده که 109 برابر قطر زمین می گردد. کتله آفتاب $1.9891 \times 10^{33} \text{ gr}$ یا 333000 برابر کتله زمین بوده، دارای وزن مخصوص 1.41 g/cm^3 می باشد. قابل یاد آور است مقدار کتله را که آفتاب از دست می دهد، 4.2 میلیون تن در ثانیه است [3].

تشعشع آفتاب میتواند به طور مستقیم با استفاده از تکنالوژی های گوناگون به انرژی مفید و قابل استفاده تبدیل شود. جذب تشعشع آفتاب توسط آینه های متمرکز سبب تولید درجه حرارت بالا در نیروگاه های برق خورشیدی به صورت تجارتی آن در حال بهره برداری بوده و استفاده از تشعشع آفتاب در مودل های فوتوولتاییک جهت تولید برق می باشد [4]. استفاده از تشعشع آفتاب در سیستم های فوتوولتاییک در شرایط فعلی افغانستان که اکثریت مناطق فاقد برق می باشند، یکی از الویت های انرژیست در کشور می باشد.

2. مرور به گذشته موضوع

خورشید (آفتاب) منبع کلیه انرژی های موجود در زمین است. ذخایر انرژی کره زمین از آفتاب سرچشمه می گیرند. استفاده از انرژی آفتاب از گذشته های دور معمول بوده، زیرا بشر از آغازین روزگار زنده گی از نور و حرارت آفتاب بهره مند بوده است. اگر نور آفتاب به زمین نمی تابید و حرارت ایجاد نمی کرد، این کره خاکی در آن صورت فاقد نبات و سایر زنده گیانی میبود. بناء آفتاب و نور آن در بقای زنده گی زمین و موجودات آن نقش حیاتی داشته و حیات انسان بدون آن امکان پذیر نخواهد بود. از اینجا دانسته می شود که انسانها از آغازین روز های زنده گی از آفتاب بهره برده و به خاطر برآورده شدن ضرورت هایشان از این منبع بی دلیل، از اثر اندیشه و تجسس جهت رفع نیازمندی های شان بصورت نوری و حرارتی استفاده نموده اند. چنانچه به اثر جهت و کوشش، با بکارگیری نیروی عقل و تجربه به نوآوری، ابداعات و اختراعاتی نیز دست یافته اند. در سال 212 قبل از میلاد، ارشمیدس، دانشمند و مخترع بزرگ یونان قدیم توانست با تجمع از آینه های مربعی کوچک و ترمکز انعکاس نور آن بر سطح کشتی های رومی، آنها را به آتش کشید؛

در سال 1724 در فرانسه، یک دستگاه متمرکز کننده نور آفتاب ساخته شد که قادر به حرکت در دو بعد مختلف بود؛ در سال 1772، نخستین کره آفتابی با توان ایجاد درجه حرارتی معادل 1800°C ساخته شد؛ در سال 1980، اولین نیروگاه بزرگ حرارتی آفتابی ساخته شد [2]. در سال 1890، اولین آبرگر مکن آفتابی در امریکا با قرار دادن یک مخزن آب در پشت یک پنجره معمولی بود. در سال 1909، آبرگر مکن سیفونی توسط ویلیام جی بیلی در کلیفورنیا به ثبت رسید. بیلی نام شرکت خود را شرکت آبرگر مکن روز و شب نامید. او توانست 4000 دستگاه آفتابی خویش را قبل از کشف گاز طبیعی ارزان، تا سال 1920 بفروش برساند و سپس کارش تعطیل شد. در دهه 1940، تجارت آبرگر مکن ها آفتابی رونق داشت. فقط در منطقه میامی 60000 دستگاه از این نوع کلکتور ها فروخته شد. در سال 1950، صنایع گرمایش آفتابی تعطیل و بطور کامل تسلیم سوخت فوسیلی نسبت ارزانی آن شد. در دهه 1970، زمانیکه قیمت نفت رو به افزایش نهاد، کلکتور های آفتابی تجارتی دوباره ظاهر گردید. تا سال 2001، حد اقل $57 \times 10^6 \text{ m}^2$ کلکتور آفتابی در نقاط مختلف جهان نصب شد [4].

3. تاریخچه کوتاه فوتوولتاییک

Becquerel 1839 نسبت داده می شود که در سال 1839 میلادی، با چاپ مقاله "Edmond Becquerel" کشف پدیده فوتوولتاییک به فزیکدان فرانسوی او مشاهده کرد که ولتاژ بطری وقتی که صفحات نقره ای آن تحت تابش نور آفتاب قرار می گیرند، (ارایه کرد. Wet cell تجربیات خود را با بطری تر) تغییراتی را که در خواص برقی سلنیوم (زمانی "W. G. Adams" و "R. E. Day" در سال 1877 میلادی، دو دانشمند کمبریج [4] افزایش پیدا می کنند "Charles" در سال 1883 میلادی، یک انجنیر برق نیویارکی بنام . که تحت نور آفتاب قرار گیرد) ایجاد می شود، در مقاله ای به انجمن سلطنتی توضیح دادند در سال 1883 میلادی، آدامس و دیگا با [4]. یک سلول آفتابی ساخت که از برخی جهات شبیه به سلول های آفتابی سلیکانی امروزی بود "Edgar Fritts" (پدیده تبدیل نور به برق را برای اولین بار در دنیا از طریق یک ماده سخت کشف کرد. چون نسبت تبدیل نور آفتاب به برق حدود Se مواد بی نام سلنیوم) Heinrich. در سال 1887 میلادی، هینریج هرتر [5] 1% و غیر کافی بود، در تولید برق از آن استفاده نشد و برای اندازه گیری نور مورد توجه واقع شد فزیکدان جرمنی این مطلب را بیان نمود که فوتو الکتریک موجب تولید حرکت الکترونها میگردد. این موضوع باعث ایجاد نور و تشکیل طول موج Hertz های کوتاه در مواد گردیده که تابع فریکوئسی نیز می باشد.

در سال 1918 میلادی، جان کزوچرالسکی Jan Czocharalski کیمیا دان پولندی یک روش رشد کیفیت بالا را در مواد کریستالی دریافت نمود که در رشد کیفیت سلیکان برای ساختن حجره های آفتابی solar cells بسیار مهم می باشد [6]. در سال 1948 میلادی، دو پژوهشگر یکی باردین Bardeen و دیگری براتین Brattain در آزمایشگاه بل (Bell Telephone Laboratories) یک وسیله انقلابی را با استفاده از نیمه هادی ها (ترانزیستور ها) ساختند [4]. در سال 1950 میلادی، اتفاق مهمی در راستای حرکت نوین برای توسعه سلول های آفتابی مؤثرتر به وجود آمد. این اتفاق در آزمایشگاه های بل (Bell Telephone

Laboratories) نیوجرسی آمریکا، اتفاق افتاد که در آن تعدادی از دانشمندان و از جمله داریل چاپین Darryl Chapin، کالوین فولر Calvin Fuller و جerald Pearson در حال پژوهش اثرات نور روی نیمه هادی ها (Semiconductors) بودند. در ابتدای دهه 1950 میلادی، مدل هابی فوتولتاییک وارد بازار شد، در این سالها شرکت بل با استفاده از سلول های آفتابی برق مورد نیاز یک مرکز تلفون در ایالت جورجیای آمریکا را تأمین نمود [7]. در اواسط 1950 میلادی، تعداد زیادی کمپنی ها و لابراتوار ها برای بهتر ساختن حجره های آفتابی برای تهیه انرژی مورد ضرورت قمر مصنوعی در انکشاف و توسعه نیمه هادی از سلیکان آغاز نمودند. در سال 1953 میلادی، دان تریوچ Dan Trivich، کیمیا دان آمریکایی اولین کسی بود که محاسبات تیوریتیکی را در مورد سل های آفتابی، در لابراتوار بل Bell Laboratories مربوط ایالات متحده آغاز نمود که سبب انکشاف سل های آفتابی امروزی گردیده است؛

در سال 1953 میلادی، گروه چاپین- فولر- پیرسون قاج (Slice) سلیکانی داپ (Dopped) شده را تولید کردند که بسیار پر بازده تر از قطعات پیشین در تولید برق از نور بود؛ در سال 1954 میلادی، درایل ام Daryl M دانشمند چاپین، کالوین اس. فیولیر Calvin S. Fuller و جerald Pearson L. Pearson قادر به ساخت مدل حجره آفتابی (solar cell) گردیدند که نسبت تبدیل نور به برق حدود 6% بود که در مقایسه با حال رقم اندک را تشکیل میداد [6]. در سال 1954 میلادی، اولین بطری آفتابی از سلیکان (Silicon) در ایالات متحده آمریکا ساخته شد [7]. در سال 1958 میلادی، طراحان آمریکایی در سفینه وانگارد یک، یک مبدل فوتولتاییک با قدرت کم به عنوان نیروی کمکی را به کار بردند، سفینه آمریکایی وانگارد 1 الی سال 1964 فعالیت داشت [8]. در سال 1958 میلادی، ناوی Navy برای هوفمان الکترونیک Hoffman Electronics توان مورد نیاز سفینه چهارم را برای اولین بار توسط حجره آفتابی solar cells تهیه نمود. در سال 1962 میلادی، لابراتوار تلفون بل Bell Telephone Laboratories توان تغذیه سیستم مخابراتی سفینه را توسط solar cells تهیه نمود. در سال 1966 میلادی، اولین استیشن برق آفتابی به توان 1KW جهت مصارف سیستم مخابراتی در سفینه، جهت اخذ معلومات نجومی Astronomical بکار رفت. از سال 1970 الی 1980 میلادی، انکشاف در مدل های PV توسط تعداد زیاد کمپنی ها آغاز یافت [6].

در سال 1973 میلادی، قیمت فوتولتاییک به شکل منفرد 50 \$/Watt و به شکل با هم پیوست 100 \$/Watt رسید. این در حالی بود که قیمت فوتولتاییک در اولین قمر مصنوعی مریز به طور اوسط چند هزار دالر فی وات و در قمر مصنوعی تحقیقاتی سکاى لب قیمت آن به طور اوسط 500 \$/Watt بود [8]. در سال 1973 میلادی، با گران شدن نفت در بازار جهانی، رشد تولید سیستم های PV به عنوان یک منبع جاگزین نظر به سال 1970 میلادی بیشتر مورد توجه قرار گرفت [6]. در سال 1975 میلادی، مدل آمورفوس توسط اسپیر با توسعه اتصال P - N آمورفوس انجام گرفت که بعد از آن بوسیله گروه کارسون بصورت بطری آفتابی در آمد. در آن زمان، نسبت تبدیل نور به برق در حدود 2.4% بود [9]. در سال 1976 میلادی، دف ای. کارلسون Dave E. Carlson و جیریس آر ورنسکی R. Wronski Chris در لابراتوار RCA اولین فلم نازک فوتولتاییک را در سلیکان آمورفوس انکشاف دادند. در سال 1978 میلادی، کمپنی های شارپ SHARP و توکیو الکتریک Electronic Tokyo اولین ماشین حساب calculator را در بازار عرضه نمودن که توسط سولر Solar تغذیه میشد. در سال 1980 میلادی، اولین حجره آفتابی به صورت فلم نازک از ترکیب سلفاید مس با کادمیوم سلفاید. -coppersulfide/cadmium sulfide در دانشگاه دلاور University of Delaware با مؤثریت بیشتر از 10% ساخته شد. در سال 1985 میلادی، حجره آفتابی از کریستال سلیکان با مؤثریت بیشتر از 20% در دانشگاه جدید جنوب والیس University of New South Wales در استراليا ساخته شد. در سال 1991 میلادی، پولی تخنیک فدرال دی لایوسانی در سویدرلند توسط میشل گراتزل Michael Grätzel حجره آفتابی دای سینسیزید Dye-sensitized solar cell که از نوع فوتو الکترو کیمیای می باشد که حساس کننده روی مالیکول های بین یک فوتوآنود photoanode و الکترو لایت electrolyte می باشد، در مواد نیمه هادی کشف شد.

در سال 1994 میلادی، لابراتوار ملی انرژی های نو ایالات متحده حجره ای آفتابی solar cell جدید را از ترکیب نمودن 3 - 5 نوع نیمه هادی (اندویم گالیوم فاسفید galliumphosphide indium، گالیوم اربنید تندیم gallium-arsenide tandem) ساخت که در موقعیت طلایی قرار گرفت و دارای 30% مؤثریت بود. در سال 1997 میلادی، گسترش شگفت آوری در صنعت PV به وقوع پیوست. تولید کننده گان آمریکایی بالاترین بازار جهانی معادل 41% آنرا به خود اختصاص دادند، چنانچه سهم جاپان 25%، اروپا 23% و بقیه جهان 11% بود. در سال 1999 میلادی، ظرفیت توان نصب شده فوتولتاییک در جهان از مرز 1GWp گذشت. در آغاز 2000 میلادی، مفکوره های حفظ محیط زیست و اقتصاد شروع شد، که بسیار زیاد مهم بود. برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست، استفاده از منابع پاک اخصاً توربین های بادی و سیستم های فوتولتاییک در این راستا مهم پنداشته شد. همچنان در سال 2000 میلادی، Solar Energy مورد دلچسبی بیشتر قرار گرفت. چنانچه مارکیت های محلی آن به مارکیت های بین المللی مبدل گردید و آلمان در این راستا از سایرین پیشگام شد [10]. در سال 2001 میلادی، موتر آفتابی Dutch Nuna برنده مسابقه World Solar Challenge 2001 از Darwin بعد از طی فاصله 3000Km، در مدت 32 ساعت، با سرعت متوسط 91Km/h در هنگام روز وارد شهر Adelaide در جنوب استراليا گردید. این موتر فوق العاده سبک که موتر برقی آن به وسیله سلول های PV شامل آرایه های دو و سه پیوند گالیوم ارسناید ساخت European Space Agency for Satellite ساخت شرکت برق Nuon توسط دانشجویان دانشگاه های Delft و Rotterdam ساخته شده بود. در سالهای 2001 و 2002، تولید PV جهان (در کشور های عضو IEA و غیر عضو رشد زیر 40% در سال داشت و تولید برق در سال 2002 را به 560MWp رسانید که دو برابر شدن رشد PV را در هر دو سال نشان میدهد. همچنان در سال 2002، تولید کننده گان پیشتاز PV در اروپا، مانند BP Solar، در حدود 71MW و Shall Solar در حدود 55MW را تولید نمودند [4]. در سال 2002 میلادی، جاپان با حرکت شتابان از جمله تولید کننده گان PV توانست 44% بازار را به خود اختصاص داده و نظر به سال 1997، بجای آمریکا پیشتاز شود. کشور های اروپایی حدود 25% و سهم آمریکا به 20% نظر به سال 1997 کاهش یافت، بقیه کشور های آسیایی و استراليا در 10% باقی ماندند. در همین سال 2002 میلادی، شرکت تولید کننده PV شارپ جاپان تولید سلول های فوتولتاییک خود را به 66% که دارای توان 123MW میگردد، در بین تولید کننده گان پیشتاز دیگری جاپانی (سانیو، کیوکرا و میتسوبیشی) رسانید و برای سال 2003 تولید 200MW را هدف گرفت که شامل یک نیروگاه PV جدید در بازار اروپا، واقع در شهر Wales بود.

در سال 2002 در نشست سالانه سازمان ملل در باره توسعه پایدار Sustainable Development برگزار شد تأکید صورت گرفت که PV و سایر انرژی های قابل تجدید میتواند نیازمندی فقیرترین مردم جهان را با قیمت ارزان تکافو نماید. در سال 2003 میلادی، Nuna II از هالند با استفاده از موتر آفتابی که سرعت اش 97Km/h بود، مسابقه را به پایان رسانیده و برنده شد. دولت آلمان تا سال 2003 میلادی، نصب ظرفیت 300MW صفحات PV خانگی را روی 100000 بام برنامه ریزی نمود و تصمیم گرفت تا در سالهای بعد (2004)، باز هم برنامه های وسیعتری مشابه REFIT را دنبال کند. در سال 2003 میلادی، دولت انگلستان تسهیلاتی بین 40% تا 60% به منظور تشویق این صنایع و رشد این صنعت و رقابت با کشور های آلمان و جاپان پرداخت نمود [4]. از سال 1999 م الی 2012 میلادی نصب و منتاژ PV بارش متوسط بیشتر از 40% در ظرف 13 سال به بیش برده شد. در سال 2008 میلادی دولت چین حکم سرمایه گذاری در مورد صنعت PV صادر نمود که شرکت ها از سال ها تا حال فعالیت دارند. در سال 2012 میلادی مقدار توان Solar energy از 100GWp گذشت. [6]

جدول 1. توان تولیدی برق آفتابی در جهان از سال 2005 الی 2015 میلادی به گیگا وات.

2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005
227	177	138	100	70	40	23	16	9	6.7	5.1

4. اهمیت موضوع

برای اینکه مبرمیت فوتولتاییک را در امر تولید برق در مقیاس جهانی در نظر بگیریم و بدانیم که صفحات فوتولتاییک چگونه کمک عظیمی را در امر تولید برق جهان انجام خواهد داد، گزارشی مؤسسه European PV Industry Association and Green Peace را در سال 2001 م تحت عنوان: برق خورشیدی برای بیش از یک میلیارد جمعیت و دو ملیون شغل تا سال 2020 م در نظر است تعداد یک میلیارد PV مستقل از شبکه و 82 ملیون متصل به

شبکه که 30 میلیون آن در اروپا است، با انرژی 200GW نصب شود. تا آن زمان 60% تولید PV قرار است در کشور های صنعتی به خصوص در کشور های جنوب آسیا و آفریقا نصب شود که به نوبه خود 2 میلیون شغل تمام وقت تولید خواهد کرد [4]. موضوع مورد بحث ارزیابی تشعشع آفتاب جهت استفاده صفحات فوتولتاییک در شرایط افغانستان است. با در نظر داشت مبرمیت موضوع لازم است، معلومات مختصر در مورد آفتاب و تشعشع آن در جهان و افغانستان ارایه گردد. آفتاب کره هایدرو دینامیکی شگفت انگیز بوده و از یک توده گازی عمدتاً هایدروجن، تشکیل شده است. آفتاب مانند یک راکتور هسته ای طبیعی بسیار بزرگ می باشد که روزانه حدود 350 میلیارد تن از کتله اش بر اثر گداخت هسته به انرژی تبدیل می شود [4].

5. محاسبات و وضعیت تابش نور آفتاب بالای سطح زمین

آفتاب کره بسیار فعال بوده و منبع لایزال انرژی برای زمان حال و بالقوه برای آینده است. تغییرات در انرژی خروجی آفتاب اثر گذار بر روی شرایط جوی، اتمسفر، و هوای زمین بوده چنانچه روی سیستم های ارتباطی نیز مؤثر میباشد [4]. میزان انرژی پخش شده از آفتاب حدود $3.8 \times 10^{23} \text{KW}$ است، که از این مقدار فقط یک بخش بسیار اندک توان نور آفتاب معادل $1.7 \times 10^{14} \text{KW}$ به سطح جو کره زمین میرسد. از مقدار فوق 34% آن به اثر انعکاس مستقیم به فضا باز گردیده و حدود 42% آن پس از رسیدن به سطح زمین (بر و بحر) تبدیل به گرما و 24% صرف پدیده فوتوسنتز (تبخیر، باران و ایجاد باد ها، جریانهای دریایی و امواج) می گردند، که 30% آن توسط جو زمین که شامل بخار آب، گاز و گرد غبار است منعکس، پخش و جذب گردیده و 70% دیگر آن قابل دریافت در سطح زمین می باشند. انرژی دریافتی در سطح زمین در مدت یکسال، حدود 10000 برابر مصرف انرژی کل جمعیت دنیا را تشکیل می دهد، [11]. بالاترین رقم انرژی آفتابی قابل دریافت تقریباً برابر 1KW/m^2 ، آن هم به مدت یک دو ساعت در ظهر روزهای تابستان بوده و در بیشتر نواحی کره زمین این رقم به طور متوسط در حدود 200W/m^2 می باشد [10]. اما بخاطر باید داشت که این رقم (1KW/m^2) با توجه به مکان، شرایط وضعیت آب و هوایی، فصل و ساعت تغییر نموده، مخصوصاً در شرایط ابری و مه این رقم به شدت تغییر می کند. مخصوصاً در شرایط ابری و یا مه این رقم به شدت کاهش می یابد [11]. هنگامی که این تابش وارد جو زمین میگردد مقدار از آن جذب (Adsorption)، بخشی در آسمان پراکنده (Scattering) و قسمتی نیز به فضای خارج منعکس (Reflection) میشود. آنچه باقی میماند بنام تابش مستقیم به سطح زمین بر خورد میکند [12]. یکی از عوامل مهم که بالای تابش تشعشع آفتاب در زمین دارد، فصول سال است که در عرض البلد های مختلف آن می تابد و تأثیر در ازدیاد و یا تنزیل درجه حرارت در عرض البلد های هر دو نیم کره دارد که نظر به تغییر موقعیت کره زمین در روی مستوی مدار بالای زاویه تابش آفتاب تأثیری زیادی وارد می نماید. زیرا در عرض البلد های مختلف شعاع آفتاب به زوایای مختلف می تابد، چنانچه به طور کل گفته می توانیم که: زاویه تابش آفتاب تابش آفتاب را در فصول جداگانه سال توسط فورمول های ذیل می توان تثبیت کرد [13].

$\text{Latitude} - 90^\circ = \text{زاویه تابش آفتاب در حالت اعتدال}$

$(\text{Latitude} + 23^\circ 30') - 90^\circ = \text{زاویه تابش آفتاب در تابستان نیم کره شمالی}$

$(\text{Latitude} - 23^\circ 30') - 90^\circ = \text{زاویه تابش آفتاب در زمستان نیم کره شمالی}$

چون موضوع بحث ما ارزیابی تشعشع آفتاب در شرایط افغانستان است. بناءً لازم است تا موقعیت جغرافیایی افغانستان را تثبیت نماییم: افغانستان در جنوب قاره آسیا در میان $29^\circ 30'$ و $35^\circ 38'$ نیم کره شمالی و بین $31^\circ 60'$ و $55^\circ 74'$ طول البلد شرقی قرار دارد [12]. از آنجائیکه تابش شعاع آفتاب نظر به عرض البلد های جغرافیایی تأثیرات متغیر دارد و طبق تجارب و تحقیقات انجام شده، کشورهایی که در عرض البلد 15° قرار دارند دارای رطوبت بالا بوده و کشور هایی که بین عرض البلد های 15° و 35° قرار دارند، دارای شعاع جذب بالا می باشند. اما کشور هایی که بین عرض البلد 35° و 45° قرار دارند، دارای انرژی روزانه موسومی است [14]. بحث خویش را پیرامون وضعیت تشعشع آفتاب در عرض البلد های مختلف افغانستان جهت استفاده سولر سیستم در کمر بند های مختلف آن ارزیابی می نماییم. افغانستان از نظر خصوصیات اقلیمی با قرار گرفتن در میان $29^\circ 30'$ و $38^\circ 31'$ عرض البلد شمالی در دو موقعیت مختلف (عرض البلد های $29^\circ 30'$ الی 35° که شامل مناطق جنوبی و مرکزی افغانستان میگردد دارای شعاع جذب بالا بوده و از عرض البلد 35° الی $38^\circ 31'$ که شمالی ترین ساحات ولایت بدخشان را احتوا می نماید، دارای انرژی روزانه موسومی است. زاویه تابش شعاع آفتاب را در ساحات جنوبی، مرکزی و شمالی افغانستان مورد ارزیابی قرار میدهم:

ولایات جنوبی افغانستان که در موقعیت بالاتر از عرض البلد $29^\circ 30'$ قرار دارد، در زمانی که زاویه تابش آفتاب بالای عرض البلد 0° یعنی استوا عمود (90°) می تابد. در این زمان (اوایل فصل بهار و خزان) مطابق (21 Mar و 23 Sep) زاویه تابش آفتاب بالای اراضی هموار ولایات جنوبی افغانستان نزدیک به $60^\circ 30' - 60^\circ 30'$ نظر به افق میباشد. یعنی:

$$90^\circ - 29^\circ 30' = 60^\circ 30'$$

اما در شمال ترین نقطه افغانستان میل زاویه تابش در این زماننظر به افق کم بوده و به $51^\circ 29' - 51^\circ 29'$ میرسد. یعنی:

$$90^\circ - 38^\circ 31' = 51^\circ 29'$$

اما در اواخر فصل بهار و آغاز تابستان که زاویه تابش آفتاب در خط و یا کمر بند سرطان (عرض البلد 23.5°) میرسد زاویه تابش آفتاب در جنوبی ترین سرحد افغانستان در ظهر به اندازه ای 84° بوده که نزدیک به عمود است که دارای تشعشعات مفیده و هوای گرم می باشد. چنانچه قبلاً تذکر دادیم، تابش شعاع آفتاب نظر به فصول و عرض البلد های جغرافیایی تأثیرات در تنزید و تنزیل درجه حرارت دارد، در میابیم که زاویه تابش آفتاب روی اراضی ولایات مرکزی نظر به ولایات جنوبی کشور میل تر تابیده و دارای جذب کمتر تشعشع می باشد. همچنان زاویه تابش آفتاب در فصول سال متغیر بوده که بالای تشعشع آن نیز اثر گذار می باشد. مثلاً ولایت کابل که در کمر بند وسطی ($33^\circ 34'$) افغانستان قرار دارد، نظر به مواسم مختلف سال تابش شعاع آفتاب در زوایای مختلف می تابد که در محاسبات انرژیاتیکی اثرات فوق العاده متفاوت داشته و زوایای آن چنین محاسبه می گردد: در ایام بهار و خزان (اعتدال)، (نظر به قله)

$$90^\circ - 34^\circ 33' = 55^\circ 27'$$

در ایام انقلاب شمسی تابستان (نظر به قله)

$$90^\circ - 58^\circ 3' = 31^\circ 57' \quad [90^\circ - 23^\circ 30' + 34^\circ 33']$$

در ایام انقلاب شمسی زمستان (نظر به قله)

$$90^\circ - 11^\circ 3' = 78^\circ 57' \quad [90^\circ - 23^\circ 30' - 34^\circ 33']$$

قابل یاد آوریست که مقدار انرژی روزانه تشعشع آفتاب را با دانستن موقعیت جغرافیایی (ϕ)، شماره روز (n)، زاویه انحراف زمین در روز معین (δ) و طول روز (ω) از فورمول ذیل میتوان محاسبه نمود. توان در واحد ثانیه میتوان عدد 3600 را به عنوان ضریب و $I_{sc} = 1366.1 \text{W/m}^2$ در نظر گرفت. یعنی:

$$H_0 = I_{sc} \frac{24(3600)}{\pi} [1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365}] [\frac{\pi \omega}{180} \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin \omega] \quad (1)$$

با در نظر داشت مطالب فوق محاسبات انرژیاتیکی روزانه انرژی تشعشعی آفتاب در دو موقعیت جغرافیایی جنوبی ترین موقعیت افغانستان (31.8°) و موقعیت شهر کابل (34.5°) در تاریخ 3 مارچ (3Mar) صورت گرفته است: چون تاریخ 3 مارچ از نظر شماره روز مساوی به 62، زاویه انحراف (δ) در این روز مساوی به (-7.5°) و ولایت هلمند در موقعیت (31.8°) در جنوب کشور می باشد، نظر به فورمول محاسبه می نمایم. یعنی:

$$\delta = (-7.5) \text{ \& } \phi = 31.8^\circ$$

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan \delta \tan \phi) \quad (2)$$

$$\omega = \cos^{-1}[-\tan(-7.5) \tan(31.8^\circ)] = \cos^{-1}[-(-0.13165)(0.62)] = \cos^{-1}(0.0816)$$

$$\omega = 85.31^\circ$$

قابل یاد آور است، محاسبه فوق بر مبنای اوسط توان $I_{sc} = 1366.1 \text{ W/m}^2$ محاسبه گردیده است در حالیکه زمین بدور آفتاب به یک مدار بیضوی که آفتاب در یکی از محراق های آن قرار می گیرد، گردش می کند. بیضوی مذکور دارای عن مرکزیت (Eccentricity) کوچکی می باشد. از اینرو فاصله بین زمین و آفتاب در طول سال بسیار کم تغییر می کند. این تغییرات فاصله سبب تغییرات فلکس نوری ماورای جو می شود که قیمت این فلکس در هر روز از معادله ذیل حاصل شده می تواند، [1, 15].

$$I_{sc} = I_{sc} (1 + 0.033 \cos \frac{360 \times n}{365}) \quad (3)$$

$$I_{sc} = 1366.1 (1 + 0.033 \cos \frac{360 \times 62}{365}) = 1366.1 (1 + 0.033 \cos 61.15)$$

$$= 1366.1 [1 + 0.033(0.4825)]$$

$$I_{sc} = 1387.852 \text{ W/m}^2$$

پس نظر به محاسبات می توانیم به جای $I_{sc} = 1366.1 \text{ W/m}^2$ قیمت $I_{sc} = 1387.852 \text{ W/m}^2$ را در همین روز تقویض نمائیم، یعنی:

$$H_o = (1387.8) \frac{24(3600)}{\pi} [1 + 0.033 \cos \frac{360 \times 62}{365}] [\frac{\pi 85.31}{180} \sin(31.8) \sin(-7.5) + \cos(31.8) \cos(-7.5) \sin(85.31^\circ)] \quad (4)$$

$$= 38167239.7 [(1 + 0.0159227)][(1.48894)(0.52)(-0.13) + (0.849)(0.99)(0.996)]$$

$$= 38167239.7 [1.0159227] [-0.10065 + 0.8376]$$

$$= 28575598 \text{ J} = 28.6 \text{ MJ/m}^2$$

بناءً نظر به محاسبه فوق گفته می توانیم که مقدار انرژی تشعشع آفتاب در تاریخ 3 مارچ (3Mar) در موقعیت (31.8°) جنوب افغانستان به مقیاس جهانی 28.6 MJ/m^2 می باشد.

حال هرگاه خواسته باشیم مقدار اوسط انرژی تشعشع آفتاب را در تاریخ 3 مارچ (3Mar) در شهر کابل محاسبه نمائیم، داریم که:

$$n = 62, \quad \delta = (-7.5) \text{ \& } \phi = 34.5^\circ$$

چون در فورمول ذیل داریم

$$H_o = I_{sc} \frac{24(3600)}{\pi} [1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365}] [\frac{\pi \omega}{180} \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin \omega]$$

دانستن ω نیز ضروریست. بناءً اولاً ω را محاسبه و در فورمول وضع مینمائیم.

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan \delta \tan \phi)$$

$$\omega = \cos^{-1}[-\tan(-7.5) \tan(34.5^\circ)] = \cos^{-1}[-(-0.13165)(0.687)] = \cos^{-1}(0.09048)$$

$$\omega = 84.8^\circ$$

$$H_o = (1387.8) \frac{24(3600)}{\pi} [1 + 0.033 \cos \frac{360 \times 62}{365}] [\frac{\pi 84.8}{180} \sin(34.5) \sin(-7.5) + \cos(34.5) \cos(-7.5) \sin(84.8^\circ)]$$

$$= 38167239.7 [(1 + 0.0159227)][(1.48)(0.57)(-0.13) + (0.82)(0.99)(0.996)]$$

$$= 38167239.7 [1.0159227] [-0.109 + 0.808] = 27103700 \text{ J} = 27.1 \text{ MJ/m}^2$$

همچنان مقدار انرژی تشعشع آفتاب در موقعیت شهر کابل به تاریخ 27 مارچ (27Mar) که زاویه انحراف مساوی به 2.41 و شماره روز ($n=86$) می باشد، مساوی 32.45 MJ/m^2 محاسبه گردیده است. حد اوسط انرژی بین روز های 3Mar و 27Mar در شهر کابل مساویست به:

$$(27.1 \text{ MJ/m}^2 + 32.45 \text{ MJ/m}^2) / 2 = 29.77 \text{ MJ/m}^2$$

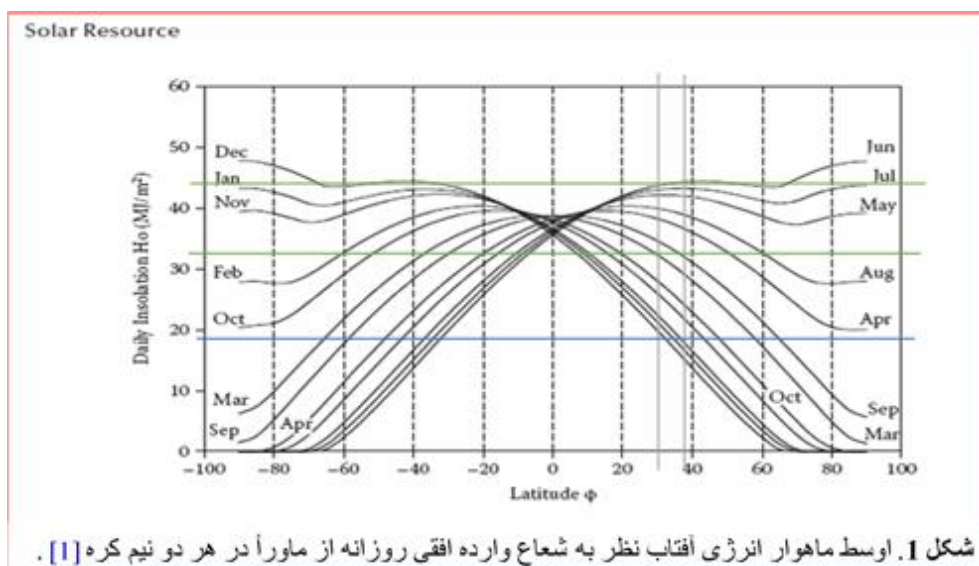
روش محاسباتی برای موقعیت های مختلف زمان گیر بوده و برای سهولت محاسبات انرژی تشعشعی آفتاب می توانیم از **شکل (1)** و یا **جدول شماره (2)** استفاده نمائیم. حالا اگر در **شکل (1)** و یا در **جدول (2)** رجوع نمائیم، دیده می شود که مقدار اوسط انرژی تشعشع آفتاب در عرض البلد 35° مساوی به 30.29 MJ/m^2 می باشد که بالاتر از عرض البلد 34.5° موقعیت شهر کابل قرار دارد. بناءً مقدار اوسط انرژی تشعشع آفتاب نظر به محاسبات 29.65 KJ/m^2 نیز قابل قبول می باشد. بالای زمین نتایج محاسبات در هر دو نیم کره درج **جدول (1)** گردیده است. قابل تذکر این که مقدار تشعشع آفتاب در کشور افغانستان که در کمربند جغرافیایی $30^\circ 29'$ و $35^\circ 38'$ احتوا می نماید، بناءً در **جدول (2)** عرض البلد 30° الی 40° که موقعیت جغرافیایی افغانستان نیز شامل آن می باشد، به رنگ سرخ نشانی گردیده است. اوسط ماهوار انرژی شعاع وارده افقی روزانه در فضا به (MJ/m^2) بر مبنای $I_{sc} = 1366.1 \text{ W/m}^2$ می باشد، در هر دو نیم کره در موقعیت عرض البلد جغرافیایی (ϕ Latitude) در **شکل (1)** نشان داده شده است

با مشاهده **جدول 1** در می یابیم که بالا ترین قیمت آن در ماه جون (Jun) که زاویه تابش آفتاب در عرض البلد 23.5° بالای سطح زمین عمود میباشد، در جنوبی ترین ساحات افغانستان (29.5°) زاویه تابش آفتاب مساوی به 84° که نزدیک به عمود است، تابیده و مقدار انرژی تشعشعی آفتاب در این کمر بند در ظهر آفتابی 43.70 MJ/m^2 می باشد. اما کمترین مقدار انرژی تشعشع آفتاب در ماه دسمبر (Dec) در این عرض البلد مساوی (19.85 MJ/m^2) خواهد بود. زیرا زاویه تابش آفتاب از سطح زمین در این موقع و در همین عرض البلد که در پائین ترین حد (37°) قرار می گیرد.

جدول 2. اوسط ماهوار تشعشع روزانه در عرض البلد های مختلف در یک سطح افقی به MJ/m^2 [1].

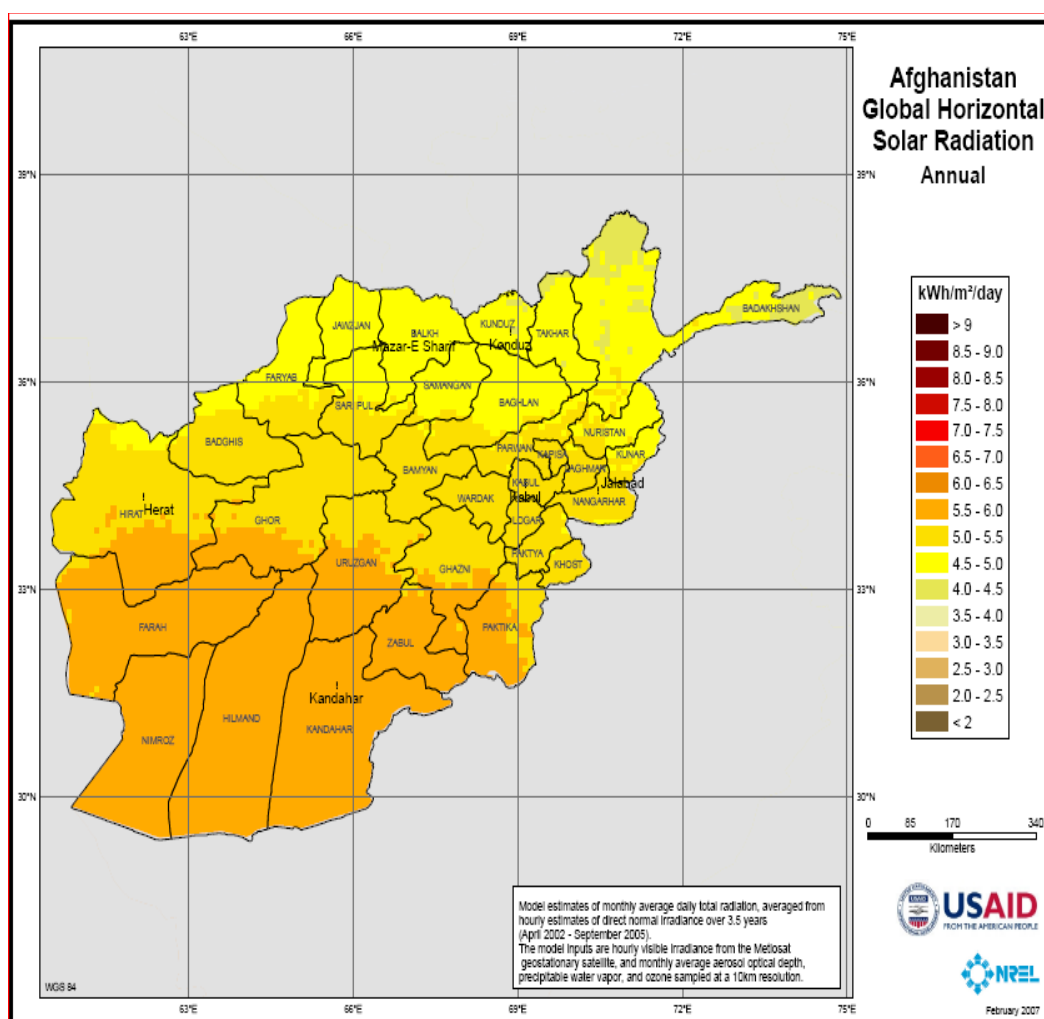
که مساوی (Air Mass) ارقام **جدول (2)** و **شکل 1** به شکل کلی بوده که در محاسبات انجیری و دیز این سیستم های فوتولتیک این ارقام باید نظر به

(می باشد، در نظر گرفته می شود. این عملیه در تهیه و ترتیب اطلس آفتاب در نظر گرفته $AM = 1 / \cos \theta$ به معکوس زاویه تابش نظر به سطح زمین) [1] که مورد استفاده بیشتر و بهتر دارد، در نظر گرفته شده است $\text{KWh/m}^2/\text{day}$ به MJ/m^2 شده و با تبدیلی واحد انرژی از



عرض البلد ها (Latitude)	ماه های سال (Month of year)											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
-90	43.31	27.82	6.2	0	0	0	0	0	1.38	20.36	39.41	47.76
-85	43.21	27.96	7.35	0.01	0	0	0	0	2.51	20.75	39.62	47.64
-80	42.63	27.64	9.85	0.67	0	0	0	0.04	5.18	21.09	39.1	46.98
-75	41.81	27.82	12.86	2.49	0	0	0	0.8	8.32	22.41	38.35	46.08
-70	40.74	29.07	15.9	5.22	0.42	0	0.04	2.76	11.5	24.54	37.66	44.83
-65	40.43	30.84	18.87	8.23	2.16	0.37	1.1	5.47	14.63	26.82	38.02	43.6
-60	40.97	32.67	21.71	11.32	4.7	2.29	3.34	8.42	17.67	29.06	38.93	43.59
-55	41.66	34.41	24.4	14.4	7.54	4.82	6.04	11.47	20.58	31.16	39.9	43.89
-50	42.29	35.98	26.92	17.42	10.54	7.66	8.96	14.53	23.35	33.09	40.78	44.19
-45	42.78	37.35	29.23	20.34	13.59	10.65	12	17.55	25.94	34.79	41.5	44.37
-40	43.07	38.43	31.33	23.14	16.65	13.72	15.07	20.48	28.35	36.26	42	44.38
-35	43.12	39.36	33.2	25.78	19.65	16.81	18.12	23.29	30.54	37.48	42.26	44.16
-30	42.92	39.97	34.81	28.24	22.56	19.86	21.12	25.96	32.5	38.43	42.26	43.71
-25	42.46	40.3	36.17	30.5	25.36	22.84	24.02	28.46	34.21	39.11	42	42.99
-20	41.73	40.35	37.25	32.54	28.01	25.72	26.79	30.77	35.67	39.49	41.46	42.02
-15	40.73	40.11	38.04	34.35	30.48	28.46	29.42	32.86	36.85	39.59	40.64	40.8
-10	39.47	39.59	38.55	35.9	32.76	31.03	31.85	34.72	37.76	39.4	39.56	39.31
-5	37.45	38.78	38.77	37.19	34.82	33.43	34.09	36.33	38.38	38.92	38.21	37.58
0	36.18	37.69	38.7	38.2	36.65	35.61	36.12	37.69	38.71	38.16	36.6	35.61
5	34.18	36.33	38.33	38.94	38.24	37.58	37.91	38.77	38.75	37.11	34.75	33.42
10	31.95	34.72	37.67	39.38	39.57	39.31	39.46	39.58	38.5	35.79	32.66	31.03
15	29.53	32.85	36.73	39.54	40.63	40.79	40.74	40.1	37.95	34.21	30.37	28.45
20	26.93	30.76	35.51	39.4	41.42	42.02	41.77	40.34	37.11	32.38	27.88	25.71
25	24.17	28.45	34.02	38.98	41.93	42.99	42.52	40.29	36	30.31	25.22	22.3
30	21.28	25.95	32.28	38.27	42.17	43.7	43.01	39.95	34.61	28.03	22.41	19.85

35	18.29	23.28	30.29	37.29	42.14	44.15	43.24	39.34	32.96	25.55	19.49	16.8
40	15.28	20.46	28.07	36.04	41.85	44.37	43.22	38.46	31.07	22.89	16.48	13.71
45	12.17	17.52	25.65	34.53	41.32	44.36	42.96	37.33	28.94	20.08	13.42	10.64
50	9.14	14.5	23.03	32.79	40.58	44.17	42.51	35.96	26.59	17.14	10.37	7.64
55	6.2	11.44	20.25	30.83	39.66	43.87	41.91	34.39	24.05	14.12	7.38	4.81
60	3.48	8.39	17.32	28.69	38.65	43.57	41.26	32.65	21.33	11.04	4.54	2.28
65	1.2	5.43	14.27	26.42	37.7	43.57	40.78	30.82	18.46	7.96	2.03	0.36
70	0.06	2.71	11.14	24.08	37.27	44.8	41.19	19.05	15.47	4.98	0.35	0
75	0	0.73	7.97	21.87	37.87	46.05	42.3	27.83	12.41	2.31	0	0
80	0	0.02	4.86	20.43	38.61	46.95	43.12	27.6	9.35	0.06	0	0
85	0	0	2.29	20.01	39.06	47.49	43.62	27.87	6.73	0.01	0	0
90	0	0	1.25	20.07	39.21	47.67	43.79	27.98	5.66	0	0	0



شکل 2. اطلس تشعشع آفتاب در افغانستان (NREL)

ارقام که میتوان از آن در دیزاین های انجینیری، برای صفحات PV استفاده نمود همانا ارقام NREL که اطلس تشعشع آفتاب را در سطح کشور نشان داده است، ارجعیت دارد. قرار ارقام داده شده مساحت افغانستان موازی 647000 Km^2 تخمین گردیده است که 10% آن قابل بهره برداری برای صفحات PV می باشد. حالا اگر از این 10% موازی 30% آنرا تحت پوشش صفحات PV قرار دهیم [16]. در صورتیکه شعاع آفتاب در ظهر آفتابی 1000 W/m^2 و مؤثریت صفحات PV مساوی به 10% باشد، چنین محاسبه مینمائیم:

$$19410 \text{ Km}^2 = (647000 \text{ Km}^2) (0.1) (0.3)$$

$$P_{(MW)} = (19410 \text{ Km}^2) (1000000 \text{ m}^2 / \text{Km}^2) (700 \text{ W/m}^2) (0.1 \text{ penal eff}) = 13548700 \text{ MW}$$

اطلس تشعشع آفتاب با مقدار اوسط سالانه تشعشع آفتاب به مقیاس (KWh/m²/day) در کمربند های جغرافیایی افغانستان که از طرف لابراتوار ملی انرژی قابل تجدید (NREL) از جانب (USAID) تهیه و ترتیب گردیده است در شکل (2) نشان داده شده است [8]

6. نتیجه گیری

- 1 - انرژی موجوده باید از قید فوسیل که رو به کاهش است، رها گردد. زیرا باعث آلودگی هوا و گرم شدن جو زمین می گردد.
- 2 - انرژی تجدید پذیر پایان ناپذیر بوده و جاگزین خوبی بجای منابع فوسیلی می باشد.
- 3 - آفتاب با دارا بودن توان معادل $4 \times 10^{23} \text{ KW}$ متضمن انرژی مورد ضرورت آینده جامعه بشری است.
- 4 - افغانستان با دارا بودن ساحات مکفی و نورم تشعشعی مناسب (700W/m²) جایگاه تولید 13548700MW برق را دارا می باشد.
- 5 - استفاده از این مقدار توان برقی (13548700MW) در تأمین برق آینده جهان و بهبود اقلیم نقش اساسی را دارا می باشد.

پیشنهادهای

- 1 - اولاً تدابیر جدی برای تأمین برق مصرفی کشور از انرژی باد و آفتاب در الویت قرار گیرد.
- 2 - مسئولین سکتور انرژی توجه جامعه ای جهانی را جهت راه اندازی پروژه های بزرگ PV در افغانستان تشویق نمایند.
- 3 - استفاده از آبگرم کن های آفتابی نقش عمده روی مصارف مواد فوسیلی و برق توریدی در کشور دارد که ترویج آن یک امر ضروری می باشد.
- 4 - جهت رشد استفاده از دستگاههای سولری بهتر است دولت مقدار سبسایدی (عرضه زیر قیمت تمام شد) را برای استفاده کنندگان بجای برق توریدی در نظر گرفته و سبب تشویق مردم در این راستا شوند.

تضاد منافع

نویسنده تعهد می نماید که مقاله تضاد منافع ندارد.

References

- [1] Dalkey, *Earth in space (Solar System)*, 3rd ed. vol. 192: Hamoon Summer, 2010.
- [2] Tafreshi, *Sources of electricity production in the 21st century*: Khajeh Nasir al-Din Tusi University of Technology Publications, 2007.
- [3] Tafreshi, "Sources of electricity production in the 21st century," ed Khajeh Nasir al-Din Tusi University of Technology Publications, 2007, p. 602.
- [4] F. B. Gaddy, *New energies: Energy for a sustainable future*. Translator Partovi_Abdar Rahim: University of Tehran Press, 2007.
- [5] N. Kaabi, *Energy saving with solar batteries*: Fuel Consumption Optimization Organization, 2013.
- [6] K.-D. Jäger, O. Isabella, A. H. Smets, R. A. van Swaaij, and M. Zeman, *Solar energy: Fundamentals, technology and systems*: UIT Cambridge, 2016.
- [7] Kokabi, *Solar energy, principles of thermal collection and storage*: Saboun Printing House, 2014.
- [8] K. Alizadeh and A. Gholam, *Weather and climatology AH*, 381, 6th ed.: Ferdowsi University of Mashhad, 2004.
- [9] K. Alizadeh and A. Gholam, *Weather and climatology*, 6th ed.: Ferdowsi University of Mashhad, 2004.
- [10] Ariz, *Afghanistan climate, faculty of literature and humanities* vol. 95: Kabul University, 1348.
- [11] Ariz, *General geography of Afghanistan*: Kabul University Press, 1362.
- [12] Hosseini, *wind energy and its role in solving the problem of electricity in the country* vol. 179: Academy of Sciences, 2016.
- [13] Araz, *Climatology, faculty of literature and humanities* vol. 157: Kabul University, 1357.
- [14] V. L. A. Kristoferson and R. Bokalders, "Renewable energy technologies, their application in developing countries," p. 319, 1986.
- [15] K. Alizadeh and A. Gholam, "Weather and climatology, Ferdowsi University of Mashhad." vol. 381, 6th ed: Summer, 2004.
- [16] Sajjadifar, *Recognition of space and solar system, published by Hamoon*: Winter, 2008.